

УДК 576.895.122 : 594.1

© 1994

ЗАРАЖЕННОСТЬ ПЕРЛОВИЦЕВЫХ
(MOLLUSCA, BIVALVIA, UNIONIDAE)
ПАРТЕНИТАМИ *BUCEPHALUS POLYMORPHUS* (TREMATODA)
И ВОЗДЕЙСТВИЕ ПАРАЗИТОВ
НА РИТМ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ХОЗЯЕВ

А. П. Стадниченко, В. В. Анистратенко, О. В. Грабинская,
О. В. Мартынюк, О. А. Мирошниченко, Н. Г. Олейник,
С. А. Сергейчук, О. И. Фасоля

Исследовано влияние trematodной инвазии и экстремальных условий среды (обсыхание, подкисление воды, повышение ее температуры до 28° и затравливание сульфатом меди и синтетическими моющими средствами «Логос» и «Робот») на работу сердца перловицевых. При инвазии средней тяжести у них развивается тахикардия и сокращается длительность полного сердечного цикла (за счет уменьшения паузы сердца). При тяжелой инвазии наблюдается брадикардия и разбалансировка сердечного цикла, вызывающая увеличение ударного объема сердца, что чревато перенапряжением сердечной мышцы.

В экстремальных условиях среды умеренная и тяжелая trematодная инвазия являются отягчающим фактором, вызывающим у моллюсков прогрессирующую брадикардию, завершающуюся полной остановкой сердечной мышцы. При тех же условиях защитно-приспособительные возможности свободных от инвазии перловиц оказываются достаточными для сохранения жизнеспособности этих животных.

Возрастающая антропопрессия сопровождается зачастую существенными отклонениями значений ряда факторов среды от уровня экологического комфорта для различных обитателей водной среды, в том числе и для пресноводных двустворчатых моллюсков семейства перловицевых (Unionidae). В реках, сток которых зарегулирован, в периоды между пропусками воды гидробионты нередко подвергаются условиям обсыхания, а в водоемах-охладителях АЭС и ТЭЦ — действию повышенных температур. Ниже промышленных центров реки часто загрязнены (больше 10 ПДК) соединениями тяжелых металлов и почти повсеместно вблизи населенных пунктов — поверхностно-активными веществами (ПАВ) [обязательные компоненты синтетических моющих средств (СМС)]. Ставшие нередкими в последние годы кислотные дожди вызывают подкисление водной среды.

Мы попытались установить, какое влияние оказывает trematодная инвазия на уровень общего обмена у перловицевых, подвергнутых воздействию экстремальных условий среды. В качестве тест-функции, по которой судили об интенсивности метаболизма, использован ритм сердечной деятельности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материал: 1711 экз. перловиц 4 видов (*Unio* — 3, *Anodonta* — 1) (табл. 1, 2), собранных в водоемах Среднего Днепра в Житомирской, Винницкой, Киевской и Черкасской обл. Украины в апреле—октябре 1972, во все сезоны 1984—1985 и в июне 1989, 1991—1992 гг. Моллюски были спонтанно инвазированы партенитами *Bucephalus polymorphus*.

Т а б л и ц а 1
Работа сердца перловицевых
Heart activity of unionid mussels

Моллюск	Систола предсердий	Систола желудочка	Диастола (пауза) сердца	Полный сердечный цикл
<i>Unio pictorum</i> (при 12—15 уд./мин)	0.2	0.1—0.2	4	4.3—4.5
<i>Anodonta cygnea</i> (при 12 уд./мин)	0.3—0.4	0.2—0.3	4	4.5—4.7

Условия предопытной акклиматации: температура воды 18—20°, pH 7.2—7.5, содержание кислорода 8.9 мг/л. Ее продолжительность до 6 сут.

Для затравливания среды использовали сульфат меди (0.1, 1, 10 мг/л), СМС «Робот» (0.06, 0.6, 6) и «Лотос» (0.07, 0.7, 7 мг/л). Опыты с СМС «Лотос» поставлены при различных температурных режимах (8, 18—20, 28°).

Ритм сердечной деятельности изучали по Веселову (1959), у части особей — по методике, разработанной Анистратенко. В последнем случае использовали электрокардиограф, накладывая его электроды по продольной оси желудочка сердца моллюсков (электрод-иглу — на переднюю часть ноги,

Т а б л и ц а 2
Влияние трематодной инвазии на ритм сердечной деятельности (уд./мин)
у перловицевых из р. Гуйва (Житомирская обл.)

Effect of the trematode invasion on the heart rate (blow per minute) of unionid mussels from river Gujva (Ukraine, Zhitomir district)

Моллюск	Пол	Инвазия	n	Статистические показатели			
				lim	$x \pm m_x$	σ	V
с. Пряжево							
<i>Unio conus</i>	Самки	Нет	9	2.33—16	9.56 ± 0.53	1.6	16.74
	Самки (ЖБ)	Нет	76	4—18.67	12.01 ± 0.05	0.41	3.41
	Самки	Есть	7	3.67—17.67	11.53 ± 0.69	1.84	15.96
	Самцы	Нет	110	2.33—24.67	10.98 ± 0.03	0.36	3.28
	»	Есть	11	8.1—25.33	14.36 ± 0.48	1.58	11
с. Малая Пятигорка (1989 г.)							
<i>Unio rostratus</i>	Самки	Нет	16	8—9	8.33 ± 0.15	0.58	6.96
	»	Есть	9	8—10	8.63 ± 0.23	0.68	7.88
	Самцы	Нет	25	8—10	8.7 ± 0.11	0.54	6.21
	»	Есть	16	8—9	8.6 ± 0.13	0.51	5.93
с. Малая Пятигорка (1991 г.)							
	Самки	Нет	18	11.5—16	13.42 ± 0.33	1.42	10.58
	Самки (ЖБ)	Нет	16	12—16	13.44 ± 0.31	1.25	9.3
	Самки	Есть	10	11.5—16	13.35 ± 0.42	1.33	9.96
	Самцы	Нет	20	11.5—16	13.1 ± 0.28	1.27	9.69
	»	Есть	16	11.5—13	12.79 ± 0.33	1.30	10.16
пгт Озерное							
	Самки	Нет	25	12—15	13.56 ± 0.24	1.19	8.78
	»	Есть	18	12—15	13.39 ± 0.31	1.34	10.01
	Самцы	Нет	25	11—15	13.56 ± 0.63	3.17	23.38
	»	Есть	16	11—15.00	12.56 ± 0.32	1.27	10.11

П р и м е ч а н и е. ЖБ — «жаберная беременность».

другой — несколько позади нимфы). Зная скорость протяжки ленты, по электрокардиограмме (ЭКГ) определяли число сердечных сокращений за единицу времени. При записи ЭКГ мы воспользовались технической помощью Головченко.

Цифровые результаты исследований обработаны методами вариационной статистики по Лакину (1973).

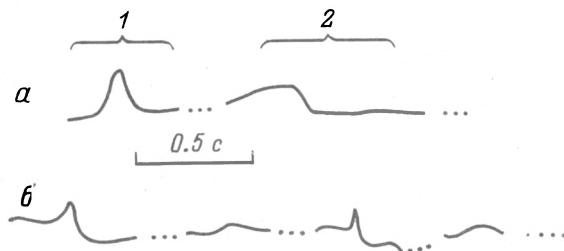
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расшифровкой ЭКГ (см. рисунок) установлено, что полный сердечный цикл у свободных от инвазии перловицевых осуществляется в среднем за 4—5 с (чуть быстрее у *Unio*, чем у *Anodonta*) (табл. 1). Он состоит из одновременного сокращения двух предсердий, следующего за ним сокращения желудочка и последующего расслабления всей сердечной мышцы. С увеличением частоты пульса сокращается продолжительность паузы сердца, в то время как длительность прочих фаз сердечного цикла остается неизменной.

При 18—20° и pH 7.2—7.5 ритм сердечных сокращений составляет у этих животных 6.6 ± 0.2 — 10.98 ± 0.03 уд./мин. Он подвержен межвидовой возрастной, половой, сезонной и экотопической изменчивости (Стадниченко и др., 1990, 1992а, 1992в, 1993). Частота пульсации сердца несколько больше у *Anodonta*, чем у *Unio*, а среди последних — у *U. soplus*. У всех перловицевых работа сердца замедляется с возрастом и в осенне-зимнее время. Частота сердечных сокращений обычно меньше у самок и у моллюсков, обитающих в водоемах β-мезосапробной зоны по сравнению с теми, которые населяют водоемы близкие по уровню загрязнения к α-мезосапробным водоемам. Учитывая вышесказанное, при оценке влияния трематодной инвазии на ритм сердечных сокращений у перловицевых в экстремальных условиях среди нами сравнивались одновозрастные животные одинакового пола, одновременно добытые из одного и того же водоема. Полученные результаты учитывались только в случае заражения перловиц трематодой *B. polymorphus*.

Экстенсивность инвазии моллюсков партенитами этой трематоды составляет в реках бассейна Среднего Днепра в среднем 18.75 %, варьируя от 13 ± 3.32 (р. Гуйва, с. Пряжево) до 25.45 ± 2.07 % (р. Гуйва, с. Малая Пятигорка). За последние 20 лет она возросла здесь почти в 23 раза (при размахе этого показателя от 14 до 32.). За указанный период изменилась и локализация партенит *B. polymorphus* во внутренних органах перловиц. У моллюсков, собранных в 1984—1992 гг., спороцисты локализовались преимущественно в гепатопанкреасе, реже — в половых железах. У особей, исследованных в 1972 г., они обнаруживались в основном в половых железах и лишь при очень высокой интенсивности инвазии, прободав их покровы, эти паразиты проникали и в гепатопанкреас и крайне редко — в мантию (Стадниченко, 1974).

Спороцисты *B. polymorphus* располагаются обычно в промежутках между печеночными трубочками гепатопанкреаса и ацинусами половых желез, заполненных соединительной тканью. При невысокой интенсивности инвазии они, несмотря на довольно крупные размеры (длина до 1500, ширина до 20 мкм), не причиняют существенного вреда своим хозяевам-моллюскам. Дело в том, что спороцисты *B. polymorphus* состоят из расширенных (в них формируются церкарии) и чередующихся с ними суженных участков. Только первые из них заметно сдавливают межтрубочную соединительную ткань, вызывая дегенеративные и деструктивные изменения ее элементов. При этом, как правило, железистый эпителий гепатопанкреаса и генератив-



Электрокардиограммы *Unio pictorum* (а) и *Anodonta cygnea* (б).

1 — желудочковый комплекс; 2 — предсердный комплекс.

Electrocardiograms of *Unio pictorum* (a) and *Anodonta cygnea* (b).

ный эпителий половых желез не поражается паразитами. Вред, причиняемый перловицам спороцистами *B. polymorphus*, ограничивается в этом случае развитием вяло текущего местного патологического процесса, так как число очагов паразитарного поражения и их объем невелики.

Об отсутствии общего патологического процесса, обусловленного инвазией, у моллюсков, слабо зараженных trematodами, свидетельствует и тот факт, что у них отсутствуют какие бы то ни было нарушения в работе сердца. Длительность полного сердечного цикла и каждой из его фаз, а также частота пульсации сердечной мышцы одинаковы как у этих, так и у свободных от заражения особей. Последнее отмечено, например, у *U. rostratus* из р. Гуйва у Малой Пятигорки (табл. 2).

При инвазии средней тяжести клубки, образованные спороцистами, заполняют собой пространство между трубочками гепатопанкреаса или половых желез, вызывая разрушение не только межтрубочной соединительной ткани, но и самих трубочек. Число очагов паразитарного поражения при этом обычно незначительно, но объем их, как правило, весьма велик ($1/3$ — $1/2$ объема инвазированного органа). При локализации паразитов в гепатопанкреасе нарушается нормальная деятельность этого многофункционального органа. Прежде всего страдают его ферментативная и запасающая функции. При поражении половых желез ослабляются репродуктивные способности перловиц. Инвазия средней тяжести сопровождается у них развитием общего патологического процесса, который, однако, успешно блокируется защитно-приспособительными механизмами в форме функциональных приспособлений, ведущих в конечном счете к повышению интенсивности их общего обмена. Одним из проявлений этого является компенсаторная тахикардия. Так, у *U. conus* из р. Гуйва (с. Пряжево) частота пульсации сердца при инвазии возрастает в среднем в 1.2 раза (в 1.15 — у самок и в 1.25 — у самцов). Сердечный цикл при этом преимущественно отклоняется от нормы: сокращается длительность паузы сердца. Изменения частоты пульсации сердца и хронометрии сердечного цикла указывают на нарушения возбудимости, проводимости и сократимости сердечной мышцы.

При крайне тяжелой инвазии (спороцисты заселяют больше $1/2$ объема органа или весь орган) масштабы дегенеративных изменений и некротического распада тканей пораженных органов, как и сбои в работе последних, весьма велики. О тяжелом течении общего патологического процесса у таких моллюсков свидетельствует угнетение их защитно-приспособительных возможностей. По-видимому, регистрируемая в этих случаях тахикардия отнюдь не является проявлением защитно-компенсаторного процесса. Скорее всего она обусловлена постоянным раздражением рецепторного аппарата, пораженного trematodами органа. При далеко зашедшем пато-

Таблица 3

Концентрации СМС «Робот» (мг/л), вызывающие
у свободных от инвазии и инвазированных trematodами
Unio rostratus последовательные фазы
процесса отравления

Concentrations of the detergent «Robot» caused following
phases of poisoning of *Unio rostratus* non-invasion
and invasion with trematode

Фаза отравления	Инвазии нет	Тяжелая инвазия
Безразличие	0.01	0.001
Стимуляция	0.03—0.04	
Депрессия	0.07	0.007
Сублетальная	7	0.7
Летальная	100	7

логическом процессе у интенсивно инвазированных trematодами животных наблюдается прогрессирующее замедление ритма сердцебиений вплоть до 3—6 уд./мин. Брадикардия сопровождается у них разбалансированной сердечного цикла, выражаящейся увеличением как длительности паузы сердца, так и его ударного объема. Снижение частоты сердцебиения чревато перенапряжением сердечной мышцы из-за резкого повышения нагрузки на нее.

В экстремальных условиях среды слабая trematодная инвазия не влияет на пульсацию сердца перловиц, в то время как при интенсивной инвазии у них развивается прогрессирующая брадикардия, влекущая за собой в наиболее тяжелых случаях остановку сердечной мышцы. Так, при гипоксии, обусловленной 6-суточным обсыханием, у не зараженных и слабо зараженных trematодами *U. rostratus* (р. Гуйва, с. Малая Пятигорка) отмечается тахикардия, так как у них «срабатывают» защитно-приспособительные механизмы, направленные на повышение уровня обмена веществ. Это общая закономерность для большинства гидробионтов, пребывающих в условиях гипоксии (Биргер, 1979). При тех же условиях у интенсивно инвазированных особей ритм сердцебиения прогрессирующее замедляется, что нередко вызывает гибель животных.

Повышение температуры среды с 18—20 до 28° сопровождается у свободных от инвазии особей учащением сердцебиения в 1.6—1.8 раза, что соответствует закону Вант-Гоффа ($Q_{10}=2$).¹ При тяжелой инвазии значение Q_{10} меньше единицы. То же отмечается у сильно инвазированных спороцистами *B. polymorphus* перловиц (*U. rostratus*) при подкислении среды (уменьшение значения рН с 7.2—7.5 до 6).

При обработке одинаковыми дозами токсических веществ зараженных trematодами и незараженных перловиц у первых из них декомпенсация является более глубокой. Например, при 10 мг/л сульфата меди в среде частота пульсации сердца у инвазированных особей замедляется в 2.5, а у неинвазированных — только в 1.6 раза. В растворе, содержащем 6 мг/л СМС «Лотос» (в пересчете на ПАВ 1—2 мг/л), у самцов *U. rostratus* развивается брадикардия, причем у свободных от инвазии сердцебиение замедляется в 1.8, а у зараженных (умеренная инвазия) — в 2.2 раза (при тяжелой инвазии в 3 раза и более).

¹ Применительно к биологическим процессам (обмен веществ, развитие, рост) коэффициент Вант-Гоффа (Q_{10}) колеблется в пределах 2—3 (Скадовский, 1955).

Следующие одна за другой фазы отравления (Строганов, Пожитков, 1941) у интенсивно инвазированных моллюсков регистрируются при более низких концентрациях токсикантов, чем у незараженных животных (табл. 3).

Следовательно, у перловиц при тяжелой, а иногда и при умеренной (средней) инвазии в экстремальных условиях среды защитно-приспособительные возможности более ограничены, чем у свободных от заражения особей, о чем свидетельствуют статистически достоверные различия между ними в значениях обсуждаемого нами показателя.

Список литературы

- Биргер Т. И. Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде. Киев: Наук. думка, 1979. 190 с.
- Веселов Е. А. Биологические тесты при санитарно-биологическом изучении водоемов // Жизнь пресных вод СССР. Т. 4. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 7—37.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Выш. шк., 1973. 343 с.
- Скадовский С. Н. Экологическая физиология водных организмов. М.: Сов. наука, 1955. 338 с.
- Стадниченко А. П. Зараженность *Unio pictorum* и *Anodonta piscinalis* (*Mollusca, Lamellibranchia*) партенитами *Bucephalus polymorphus* Baer (*Trematodes*) и воздействие паразитов на организм хозяев // Паразитология. 1974. Т. 8, вып. 5. С. 420—425.
- Стадниченко А. П., Сластенко Н. Н., Бондаренко О. В., Фасоля О. И., Гикало О. А., Заяц Н. И. Влияние ионов тяжелых металлов на ритм сердечных сокращений у перловицовых // Деп. в УкрНИИТИ 11.03.1990. № 420-Ук 90. 24 с.
- Стадниченко А. П., Грабинская О. В., Сергеичук С. А. Влияние поверхностно-активных веществ на ритм сердечных сокращений у перловицовых // Деп. в УкрНИИТИ 29.04.1992а. № 514-Ук 92.10 с.
- Стадниченко А. П., Качановская О. В., Олейник Н. Г. Влияние обсыхания и СМС «Робот» на ритм сердечных сокращений у перловицы // Деп. в УкрНИИТИ 23.01.1992б. № 96-Ук 92. 9 с.
- Стадниченко А. П., Качановская О. В., Олейник Н. Г. Влияние подкисления среды на ритм сердечной деятельности перловицовых // Деп. в УкрНИИТИ 27.07.1992в. № 1148-Ук 92. 8 с.
- Стадниченко А. П., Анистратенко В. В., Грабинская О. В., Мартынюк (Бондаренко) О. В., Миросниченко О. А., Олейник Н. Г., Фасоля О. И. Влияние trematodной инвазии на ритм сердечной деятельности пресноводных моллюсков, подвергнутых воздействию на них ксенобиотиками // Деп. в УкрИнтЭИ 04.03.1993, № 358-Ук 93. 10 с.
- Строганов Н. С., Пожитков А. Т. Действие сточных промышленных вод на водные организмы (новые пути решения проблемы). М.: Изд-во МГУ, 1941. 88 с.

Житомирский пединститут, 262008

Поступила 8.07.1993

THE INFECTION OF UNIONID MUSSELS (MOLLUSCA: BIVALVIA: UNIONIDAE) WITH PARTHENITES BUCEPHALUS POLYMORPHUS (TREMATODA) AND EFFECT OF THE PARASITES ON THE HOST HEART ACTIVITY

A. P. Stadnichenko, V. V. Anistratenko, O. V. Grabinskaya, O. V. Martynyuk,
O. A. Miroshnichenko, N. G. Oleynik, S. A. Sergeyuk, O. I. Fasola

Key words: unionid mussel, trematode invasion, heart rate and cycle, external factors.

SUMMARY

The impact of trematode invasion and extremal environmental factors (drying, acidity of water to pH6, rise of temperature to 28 C, hunting down by copper vitriol and detergents «Lotos» and «Robot» on the heart rate and the heart cycle of unionid mussels have been investigated. In the case of moderate invasion there were established the increasing of heartbeat (to 1.2—1.3 times) and decreasing of duration of heart cycle (on 23—31 %). In the case of heavy invasion the heartbeat was progressively decreased (from 8—9 to 3—6 blows per

minute to stopping of heart muscle) and the heart cycle was disturbed (heart pause and blow volume of the heart were increased). The consequence of that was the overstrain of the heart muscle.

In extremal environmental conditions the heavy trematode invasion is the aggravate factor, which causes in unionid mussels the progressive slowing of heart rate going up to stopping of the heart muscle. In the same conditions the protective and adaptive possibilities of unionid mussels being free of trematode invasion are good enough to maintain the lifability of these animals.